DESPRE ENERGIA NUCLEARĂ

de ER. TOPORESCU

Posed și astăzi broșura cu titlul «La désintégration artificielle des éléments» care s'a dat publicului ce a asistat la conferința lui *Er. Rutherford* în ziua de 20 Aprilie 1922 în amfiteatrul de fizică de la Sorbona. S'a procedat așa pentru că *Rutherford* a vorbit în limba engleză și astfel auditoriul, cu ajutorul broșurei, a putut fi inițiat în experiențele, devenite astăzi clasice, asupra transmutărei elementelor.

Am recitit adesea această broșură și mă mir cum dela interpretarea unor experiențe, relativ foarte simple, s'a ajuns așa de departe în cunoașterea materiei încât în curând vom utiliza, spre binele omenirei, energia ce stă înmagazinată în nucleul atomilor.

Am spus, dela interpretarea unor experiențe s'a ajuns..., căci într'adevăr, primele experiențe făcute de *Rutherford*, publicate în 1919, au fost interpretate în senzul că atomii unor elemente sunt desintegrați, elementele fiind supuse unor operațiuni de distrugere, numai după numărul de scânteieri observate pe sulfura de zinc fosforescentă.

Nu vom expune experiențele făcute de *Rutherford* și nici nu vom analiza rezultatele obținute pentru ca să vedem cum au fost interpretate, însă ceea ce vom aminti numai este procedeul pe care l-a întrebuințat *Rutherford* în aceste operațiuni și care este baza dezintegrării artificiale a elementelor.

Metoda imaginată de *Rutherford*, în experiențele de desintegrare a elementelor, este supunerea diferitelor substanțe sub efectul unui fascicol de proectile, de o massă determinată, animate de o viteză mare, adică cum se spune în știință, proectile cu o energie cinetică mare, căci «Il est probable que les forces qui maintiennent les diverses parties du nayau sont extrêmement puissantes, et que par conséquent, une quantité d'énergie très grande sera nécessaire pour briser leur structure». (broșura pagina 3-a).

Particulele întrebuințate de *Rutherford*, în aceste experiențe sunt radiațiunile α emise de substanța radiu C, din cauză că aceste particule au o masă determinată, sunt ionii de heliu, având și o viteză mare aproape 16.000 Kilometri pe secundă. Dacă comparăm aceste proectile

cu un glonte de pușcă, la egalitate de massă, particulele α au o energie cinetică de 400 milioane mai mare decât glontele.

Cunoscând acestea, e ușor de înțeles, efectul pe care-l poate produce un astfel de fascicol de radiațiuni când ele lovesc diferitele substanțe. Dela acest procedeu avem diferitele metode pentru a face desintegrările artificiale ale elementelor.

Am amintit cuvântul metodele, căci astăzi pentru a face operațiunile de desintegrare, pe lângă particulele formate din ioni de heliu, radiațiunile α emise de substanțele radioactive, se mai întrebuințează și alte particule materiale, hidrogenul, hidrogenul greu etc., cărora prin diferite mijloace le dăm o viteză mai mare formând astfel proectile cu energie cinetică mare, și care îndreptate asupra diferitelor substanțe au drept efect formarea de noi elemente cu proprietăți noi. Astfel a luat naștere în timpul din urmă o nouă chimie, chimia elementelor sintetice.

Accelerarea diferitelor particule materiale este în principiu ușoară, căci se supune, mai întâiu substanța pe care voim s'o întrebuințăm ca proectil unui bombardament de electroni, emiși fie de o simplă descărcare electrică între doi electrozi, fie produși de un filament de wolfram încălzit. Electronii, particule de electricitate negativă, lovind atomii de substanța pe care voim s'o întrebuințăm ca proectil, transformă etomii în ioni, adică din particule materiale neutre din punct de vedere electric obținem particule materiale încărcate cu electricitate, ionii.

Odată ionii formați nu avem decât să-i supunem la a doua operațiune, acea de accelerare.

Un prim procedeu pentru accelerarea ionilor, constă în aceea ca aceste particule să fie atrase de către unele plăci metalice ce se găsesc la potențiale diferite încărcate cu electricitate negativă. In modul acesta ionii pozitivi se pun în mișcare către electrodul negativ, însă, înainte ca ionul să ajungă la placa metalică, potențialul plăcii se anulează în cât proectilul accelerat trece mai departe pentru a fi atras de a doua armătură deasemenea la un potențial negativ. Din jocul acesta de atragere succesivă putem realiza un fascicol de particule cu o energie cinetică mare.

Dacă operațiunea de accelerare a ionilor, prin acest procedeu pare ușoară, realizarea practică a acestui dispozitiv întâmpină dificultăți și de aceea s'a imaginat un al doilea dispozitiv pentru accelerarea ionilor; este aparatul numit ciclotron.

Ciclotronul, ce este mult întrebuințat la experiențele de desintegrare a elementelor, a fost realizat pentru prima oară în 1930 de *E. O. Lawrence* și *M. S. Livingston* de la Universitatea din Berkeley, California Statele Unite, având ca punct de plecare o observație făcută de către *J. Larmor* asupra modului cum se propagă o particulă electrizată într'un câmp magnetic.

Nu insistăm asupra părților principale din care e constituit un astfel de aparat, ci vom arăta numai în linii generale, mecanismul de accelerare a ionilor cu acest dispozitiv.

Ionii formați în mijlocul unei cutii ce se află între polii unui electromagnet, ce ne dă un câmp magnetic alternativ, sunt supuși în acelaşi timp şi unui câmp electric de înaltă frecvență pe care-l formăm între doi electrozi semi-circulari ce se află în cutia ciclotronului. Sub influența acestui câmp electric şi sub influența câmpului magnetic ionii trec într'un timp foarte scurt, de ordinul o milionime de secundă, dintr'o parte a cutiei ciclotronului în cealaltă parte descriind o traectorie în spirală. Din cauza acestei traectorii în spirală pe care o fac ionii, în care raza traectoriei se mărește necontenit, și din cauză că ionii trebue să treacă de la un electrod la celălalt în aceeași unitate de timp, ionii capătă o accelerare din ce în ce mai mare până când, cu ajutorul unui al treilea

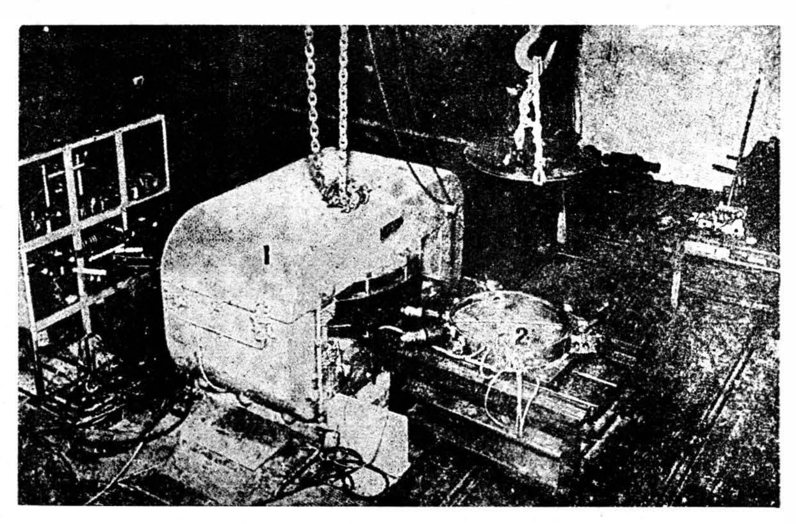


Fig. 1.—Vedere generală asupra ciclotronului instalat la Collège de France, Paris: 1) electromagnetul, 2) ciclotronul, 3) capacul ciclotronului, 4) amplificatorul de înaltă frecvență.

electrod, pus la un potențial negativ de câteva zeci de mii de volți, îi abatem din drumul lor pentru a lovi substanța pe care o dorim s'o desintegrăm.

Pentru ca să se vadă avantajele pe care le are ciclotronul față de celelalte metode de obținerea proectilelor și deci motivul pentru care aceste aparate sunt mult întrebuințate în studiul nucleului atomic, voiu da un exemplu: Un ion ce ar face 100 de treceri dela un electrod la celălalt, electrozii fiind la un potențial de 50.000 volți, capătă o energie 100 × 50.000 adică de 5 milioane volți, efect pe care nu-l putem realiza ușor pe cale pur electrică.

Odată ce cunoaștem cum putem produce proectilele de care ne servim în desitegrarea elementelor să vedem și rezultatele acestor operațiuni.

Nu cred să exagerez dacă voi spune că până azi avem mai mult de o mie de operațiuni făcute numai și numai în vederea obținerei de corpuri noi, de transmutări de elemente în altele, reacțiuni ce sunt reprezentate prin ecuații de forma:

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He = ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$$

$$^{23}_{13}Na + ^{2}_{1}D = ^{24}_{11}\overset{*}{Na} + ^{1}_{1}H$$

$$^{27}_{11}Al + ^{2}_{1}D = ^{28}_{13}\overset{*}{Al} + ^{1}_{1}H$$

Din această reprezentare se vede că elementele sunt precedate de doi indici, cel superior reprezentând ponderea atomică a elementului, iar indicele inferior numărul atomic (Z) adică, locul pe care-l ocupă elementul în clasificația periodică a lui Mendeleev, indice ce ne mai spune și câți electroni are elementul, (structura microcosmică a atomului). Adesea substanța ce rezultă din dezintegrare prezintă fenomenul de radio-activitate, în cazul acesta se pune o steluță deasupra elementului,

$$^{12}_{6}C + ^{1}_{1}H = ^{13}_{7}\overset{*}{N}$$

adică din desintegrarea carbonului cu ajutorul protonului (ionul de hidrogen) obținem radio-azot.

Dacă multe din aceste transmutări au fost ușor de interpretat, unele însă, au dus la discuții științifice ce au condus la descoperirea de noi particule, cu energie cinetică mare, și cari de astă dată sunt punctul de plecare în noi cercetări asupra structurei nucleului atomic.

Intr'adevăr, în anul 1930 savanții *W. Bothe* și *H. Becker* au arătat că, bombardând elementul gluciniu cu particule α emise de către poloniu, obțin pe lângă elementul carbon și o radiațiune a cărei putere de pătrundere este mult mai mare de cât razele γ emise de substanțele radioactive.

Fréderic și *Irene Joliot* au reluat această experiență analizând radiațiunile emise, în desintegrarea gluciniului cu particulele α, cu ajutorul aparatului numit camera lui Wilson. Drept rezultat al acestor experiențe avem că radiațiunile emise de gluciniu, în condițiile amintite, nu produc nici o ionizare vizibilă, însă dacă în drumul acestor raze se pune o substanță bogată în hidrogen, cum este parafina, se observă de astă dată că radiațiunile își micșorează puterea de pătrundere și astfel produc o condensare în camera Wilson. Se observă traiectorii scurte și bogate în picături de apă; în modul acesta obținem radiațiunile lente.

Modul cum radiațiunile produse prin desintegrarea gluciniului, sunt absorbite de diferite substanțe, deosebit de felul cum se comportă radiațiunile cunoscute până atunci, a dat mult de cercetat savanților. In urma acestor discuții științifice savantul englez *J. Chadwick* arată, în anul 1932, că aceste radiațiuni sunt formate din particule materiale de aproape aceeași mărime ca și hidrogenul, au o viteză de 30.000 km

pe secundă, şi că sunt neutre din punct de vedere electric, din cauza aceasta acestor particule li s'a dat numele de neutroni. Astăzi cunoaştem multe operaţiuni de desintegrare întovărăşite de o emisie de neutroni:

$$^{9}_{4}Gl + ^{4}_{2}He = ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$$

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He = ^{30}_{15}\overset{\bullet}{P} + ^{1}_{0}n$$

$$^{11}_{5}B + ^{4}_{2}He = ^{13}_{7}\overset{\bullet}{N} + ^{1}_{0}n$$

Cunoscându-se aceste noi radiaţiuni, sau mai bine zis proectile, o serie de noi cercetări au loc. Căci, plecând dela ideia că neutroni ne fiind supuşi câmpului electrostatic ce înconjoară nucleul central a substanţei ce vrem s'o desintegrăm, aceste proectile au mai multe şanse de a lovi atomul pentru a-l desagrega. Procedându-se astfel s'a ajuns aşa de departe în studiul nucleului atomic în cât în ultimul timp toată lumea discută despre energia nucleară. Pe lângă acestea, producerea neutronilor este operaţia cea mai simplă, nu avem decât să punem într'o mică bulă de sticlă o cantitate oarecare de metal gluciniu căruia să-i adăugăm puţin poloniu sau radon (emanaţie). Pentru a avea radiaţiunile lente aşezăm gluciniu — poloniu în mijlocul unui bloc de parafină de vre-o 20 cm. grosime sau într'un vas cu apă.

Iată câteva rezultate de desintegrări:

$$^{19}_{9}Fl + ^{1}_{0}n = ^{16}_{7}\overset{*}{N} + ^{4}_{2}He$$

$$^{24}_{12}Mg + ^{1}_{0}n = ^{24}_{11}\overset{*}{Na} + ^{1}_{1}H$$

$$^{x}_{79}Au + ^{1}_{0}n = ^{x+1}_{79}\overset{*}{Au}$$

Am dat aceste exemple pentru ca să se vadă că prin bombardarea unor elemente ne-radio-active cu neutroni rezultă, radio-azot, radio-sodiu, radio-aur, substanţe cari au o perioadă de transformare producând în această nouă desagregare elementele oxigen, magneziu şi mercur întovărăşite de radiaţiuni β. Este de ajuns să cunoaştem că în aceste desagregări avem radiaţiuni β sau γ pentru ca să ştim, că aceste distrugeri de nuclee atomice se fac şi cu puneri în libertate de energie de ordinul milioanelor de volţi.

Nu voiu arăta variatelor experienţe făcute cu ajutorul neutronilor şi care au condus la reacţiuni ce se pot grupa în formule tipice, ci voiu aminti de experienţele clasice a lui *E. Fermi* şi colaboratorii săi de la şcoala dela Roma, şi care au condus pe cercetători la întrevederea întrebuinţărei practice a energiei nucleare.

Fermi, ca şi alţi savanţi, au întrebuinţat neutroni la desagregarea diferitelor elemente. Printre alte reacţiuni *Fermi* face şi bombardarea elementului uran cu neutroni. Rezultatele acestor din urmă experienţe au fost interpretate de către *Fermi*, *Otto Hahn*, *Strassmann* etc., în

sensul că se formează, în aceste operațiuni, elemente ce trebuesc așezate în clasificația naturală a elementelor în casele 93, 94, 95 și 96 adică avem elemente trans-uranice.

Formarea elementelor trans-uranice n'a fost primită de către cunoscătorii structurei atomice, deoarece se știe că cu cât un element are o pondere atomică mai mare stabilitatea nucleului este mai mică. Exemplu; elementele radiu, actiniu, thoriu, proactiniu uraniu ce formează ultima linie orizontală a clasificației lui Mendeleev, sunt elemente cu ponderi atomice mari, sunt elemente radio-active, atomii lor se desintegrează. De aici noi cercetări, până când D-na *Joliot* și cu *Saviteh* arată în 1938 că prin bombardarea uraniului cu neutroni rezultă un element nou radioactiv, lanthan. A fost deajuns să se cunoască acest rezultat pentru ca în numeroase laboratoare să se reia aceste experiențe verificându-se că într'adevăr, din bombardarea uraniului cu neutroni nu se obțin elementele trans-uranice ci o serie de elemente radioactive lanthan, bariu, strontiu, itriu, xenon și caesiu.

In același timp savantul francez *Joliot* arată, mai întâiu pe cale de raționament iar apoi experimental, că desintegrarea uraniului bombardat cu neutroni se mai face și cu emitere de noi neutroni. Intr'adevăr, experiențele din urmă ne arată că în aceste operațiuni de desintegrare avem formarea de doi neutroni pentru fiecare atom de uraniu desagregat, neutroni cari lovind la rândul lor alți atomi de uran produc noi desintegrări și așa mai departe.

Drept rezultat al acestor cercetări savanții și-au dat imediat seama de importanța unor astfel de reacțiuni, căci pe lângă noutatea științifică mai apare și acea a posibilității de întrebuințare a energiei ce se pune în libertate din astfel de operațiuni. Căci după cum am amintit mai sus, în aceste desintegrări avem formare de substanțe radioactive, substanțe ce sunt totdeauna întovărășite de degajare de energie.

S'a calculat chiar de către unii energia ce se pune în libertate prin desintegrarea unei cantități determinate de uran, arătându-se că putem avea valori ce par de necrezut, de exemplu; dacă toți atomii de uran ce se aflä într'un gram de substanță s'ar desintegra, s'ar produce o cantitate de căldură ce ar echivala cu arderea $2^1/_2$ tone de huilă cca. 8000 calori la kg. Nu mai dau alte comparații din care să se vadă cum din cantitățíi mici de uran se pot obține cantități enorme de energie, ci voiu să amintesc că odată cu aceste cercetări noi probleme se pun. Astfel în primul rând se pune întrebarea, cari atomi de uran sunt acei ce se desintegrează în aceste operațiuni deoarece noi cunoaștem mai mulți urani, sunt isotopii. O a doua problemă, cum putem separa isotopul care prin desintegrare ne dă energia pe care voim s'o întrebuințăm, și în sfârșit cum se poate realiza un dispozitiv pentru a înfrâna această degajare de energie, care dacă nu este stabilizată poate deveni periculoasă.

Această înfrânare, autostabilizare, se pare că este realizată în momentul de față și are ca punct de plecare tot cercetările științifice, căci în aceste dispozitive se întrebuințează proprietatea ce au unele ele-

mente, cadmiu, gadoliniu, de a absorbi radiaţiunile lente. S'a dat chiar unele reţete pentru producerea energiei în mod continu, de exemplu: pentru a avea o temperatură de 350° un timp îndelungat, este nevoie de un metru cub de oxid de uran, $U^3 O^8$, 280 Kgr. apă şi 56 gr cadmiu. Cantitatea de neutroni iniţială în această desintegrare este neînsemnată.

Din expunerea aceasta, sumară, asupra desintegrărei artificiale a elementelor, vedem, cum prin înlănţuirea unor experienţe care adesea la prima vedere par neînsemnate ajungem la rezultate ce nu pot fi de cât spre binele tuturor.

BIBLIOGRAFIE

M. de Broglie; Atomes, radioactivité, transmutation.
Th. Kahan; Radioactivité et transmutation des atomes.
J. Thibaud; Vie et transmutation des atomes.
Le Journal de Physique et Le Radium; numeroase articole şi rezumate 1935—1941.
